

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-88411

(43) 公開日 平成8年(1996)4月2日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 35/32	A			
G 0 1 J 1/02	C	9309-2G		
5/02	B			

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平6-221709
(22) 出願日 平成6年(1994)9月16日

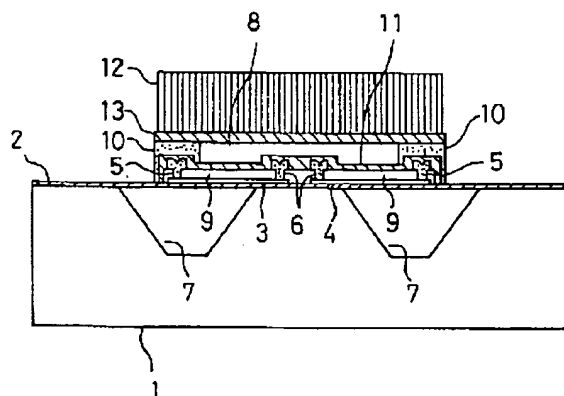
(71) 出願人 000003997
日産自動車株式会社
神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地
(72) 発明者 廣田 正樹
神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産
自動車株式会社内
(74) 代理人 弁理士 三好 秀和 (外8名)

(54) 【発明の名称】 赤外線検知素子

(57) 【要約】

【目的】 本発明は、検知特性を向上させ、また微細化、高集積化が可能でハンドリングが容易であり、さらにコストを低減することを目的とする。

【構成】 それぞれp型半導体3およびn型半導体4からなる複数個の熱電対で構成され基板1の主面上に当該主面と平行に配設されたサーモパイルと、サーモパイル上に配設されその温接点5と熱的に結合され冷接点6とは熱的に分離された赤外線吸収膜12とを有することを特徴とする。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 それぞれp型半導体およびn型半導体からなる複数の熱電対で構成され基板の主面上に当該主面と平行に配設されたサーモパイルと、該サーモパイル上に配設され当該サーモパイルにおける温接点と熱的に結合され冷接点とは熱的に分離された入射赤外線吸収用の赤外線吸収膜とを有することを特徴とする赤外線検知素子。

【請求項2】 前記サーモパイルは、前記温接点を前記基板の主面に形成された熱分離領域上に配置し、前記冷接点は前記基板と熱的に結合するように配設してなることを特徴とする請求項1記載の赤外線検知素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、サーモパイル型の赤外線検知素子に関する。

【0002】

【従来の技術】従来のサーモパイル型赤外線検知素子としては、例えば図7に示すようなものがある（特開平3-196583号公報）。ここで赤外線検知素子には、その検知方式から大きく分けて量子型素子と熱型素子がある。また、冷却が不要な熱型素子には、図7に示した熱電対による熱起電力を利用するサーモパイル型と、抵抗体の抵抗値の温度変化を利用するボロメータ型とがある。熱型素子では、入射赤外線エネルギーが熱に変換され、検知部の温度が変化し出力が変化する。そして通常は赤外線吸収膜を付けて入射赤外線の吸収率を高めて感度を良くしている。さらに、熱容量を小さくし感度および応答速度を向上させるために温接点近傍を基板から熱分離する方法がとられている。この熱分離領域の形成には、KOHやヒドラジンなどのアルカリ系エッチング液を用いた異方性エッチングによる方法と、図7に示した従来のようなドライエッチングによって基板と垂直方向に深い溝を掘って形成する方法との2種類がある。前者の方法では、赤外線吸収膜とサーモパイルが平面的に配置されるので赤外線吸収膜の周囲に熱分離領域をとらなければならず高集積化が困難となっていた。一方後者の方法では、サーモパイルが縦方向に形成されるために熱分離領域を周囲に大きくとる必要がなく高集積化が可能である。

【0003】図7に示した従来の例では、このような縦型サーモパイルを形成するために、p型シリコン基板とn型シリコン基板を貼り合せ、そのp型シリコン基板にn型シリコン基板に達するまで穴を開けてn型シリコンを成長または堆積し、またn型シリコン基板にp型シリコン基板に達するまで穴を開けてp型シリコンを成長または堆積し、これらのシリコン成長または堆積層の周囲に穴を開けてその穴に絶縁層を成長または堆積し、こうして基板21を貫通するp型シリコン22とn型シリコン23を作り、これらの端面に温接点24となる金属膜お

2

よび冷接点25となる金属膜をそれぞれ被着している。26はp型シリコン22とn型シリコン23との間の絶縁層、27、28はそれぞれ端面部の絶縁層である。温接点24側には図示省略の絶縁層を介して赤外線吸収膜29が取り付けられている。そして赤外線吸収膜29によって吸収された入射赤外線は熱に変換され赤外線吸収膜29の温度が上昇する。この熱は、伝導によって温接点24に伝えられ温接点24の温度を上昇させる。温接点24と冷接点25とはp型シリコン22、n型シリコン23および絶縁層26によってつながっているだけなのでその熱抵抗により、温接点24と冷接点25の間に温度差が生じ、ゼーベック効果によってサーモパイルに起電力が生じる。この起電力は、サーモパイルにおける熱電対の対数、p型シリコンとn型シリコンの両方を足し合わせたゼーベック係数、熱抵抗および入射エネルギーの積で表わされる。従って、起電力を大きくするにはゼーベック係数の大きい材料を用い、熱抵抗を大きくする必要がある。熱抵抗を大きくするには、サーモパイルなどの断面積を極力小さくする必要がある。従来例では、基板21をエッチングした際の穴と残った柱の断面積がそれに当たるがRIEなどのドライエッチングを用いても穴の径は、1μm程度より小さくすることは不可能で熱抵抗を向上させることが困難となっていた。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このような従来の赤外線検知素子にあっては、基板をエッチングして縦型にサーモパイルを形成する構成となっていたため、①サーモパイルの断面の寸法のうち縦と横のいずれもがパターン形成精度で制限されるために断面積が大きくなり熱抵抗を大きくすることが困難であった。②サーモパイルの長さは基板の厚みに制限されるので、この点でも熱抵抗を大きくすることが困難であった。③トレンチ溝のアスペクト比の最高値は約20であり基板の厚み全部をエッチングするためにはそれに相応する大きさの開口部が必要となり高集積化が困難であった。④基板両面のパターン合わせ精度は、片面の精度に比べて非常に悪く高集積化、微細化が困難であった。⑤冷接点が基板裏面に形成されるために製造工程においてハンドリングが非常に困難となっていた。⑥2枚の基板を貼り合わせる構造になっていたために製造工程が複雑でコストが高くなっていた。⑦もともと基板であった部分がシリコンの柱または酸化膜からなる絶縁層に変わっただけであり、酸化膜といえども有限の熱抵抗を示すために溝を埋めなかった場合、即ち空気であった場合に比べて熱抵抗はかなり減少せざるを得ず、特性のよい素子を作ることが困難である、という問題点があった。

【0005】本発明は、このような従来の問題点に着目してなされたもので、サーモパイルの熱抵抗を大きくすることができ検知特性を向上させることができ、また微細化、高集積化が可能で、ハンドリングが容易であ

3

り、さらにコストを低減することができる赤外線検知素子を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、請求項1記載の発明は、それぞれp型半導体およびn型半導体からなる複数の熱電対で構成され基板の主面上に当該主面と平行に配設されたサーモパイルと、該サーモパイル上に配設され当該サーモパイルにおける温接点と熱的に結合され冷接点とは熱的に分離された入射赤外線吸収用の赤外線吸収膜とを有することを要旨とする。

【0007】請求項2記載の発明は、上記請求項1記載の赤外線検知素子において、前記サーモパイルは、前記温接点を前記基板の主面に形成された熱分離領域上に配置し、前記冷接点は前記基板と熱的に結合するように配設してなることを要旨とする。

【0008】

【作用】請求項1記載の発明においては、サーモパイルは基板主面に平行に形成されているため、そのサーモパイルを構成する熱電対となるp型半導体、n型半導体は、例えば気相成長法等を用いて精度よく薄く形成することが可能となる。またサーモパイルの長さは平面配置によって自由に決定することが可能となる。従ってサーモパイルの熱抵抗を大きくすることができて検知特性を向上させることが可能となる。また、赤外線吸収膜は、サーモパイル上に素子面積に対し大きな面積割合となるように形成されているので、入射赤外線を効率よく吸収することができて入射エネルギーが大きくなり、一層検知特性が向上する。また、全てのパターンが基板主面、即ち基板片面に形成されているのでパターン合わせ精度は、通常の半導体素子と何ら変わるところがなく、微細化、高集積化が可能となる。

【0009】請求項2記載の発明では、温接点が熱分離領域により基板と熱的に分離され、冷接点が基板と熱的に結合されることにより、入射エネルギーによりサーモパイルに効果的に温度差が生じて一層検知特性が向上する。

【0010】

【実施例】以下、本発明の実施例を図1乃至図6に基づいて説明する。図1、図2を用いて、まず赤外線検知素子の構成を説明する。シリコン基板1の主面上には第1のSiN膜2が被覆形成されている。その上部には薄膜状のp型シリコン3とn型シリコン4がアルミ薄膜からなる温接点5と冷接点6で順次接続されて複数の熱電対によりサーモパイルが構成されている。p型シリコン3、n型シリコン4とアルミ薄膜との間には第1の酸化膜9が形成されていてアルミ薄膜をエッチングして温接点5と冷接点6をパターニングする時にシリコンがダメージを受けるのを防止している。その上部には第2のSiN膜11が被覆形成されており、サーモパイルを外部

4

の水分などから保護している。温接点5の上部のみに第2の酸化膜10が形成されていて第3のSiN膜13を介して赤外線吸収膜12と熱的に結合されている。そのほかの部分は第2の熱分離領域8によって熱的に分離されている。また温接点5近傍のシリコン基板1の主面は部分的に除去されて第1の熱分離領域7が形成されており、この第1の熱分離領域7により、温接点5はシリコン基板1から熱的に分離されている。

【0011】次に、図3を用いて製造方法を説明する。シリコン基板1を準備し(a)、その主平面上に第1のSiN膜2を気相堆積法により堆積する(b)。サーモパイルになるシリコン薄膜を同様に堆積する(c)。そのシリコン薄膜をパターニングし、所定の領域にリンおよびボロンをイオン注入法によってドーブする。さらに、活性化アニーリングを施してp型シリコン3とn型シリコン4とを形成する(d)。第1の酸化膜9を堆積し、赤外線吸収膜12が形成される領域とほぼ同じ領域が残るようにパターニングする(e)。第1の酸化膜9の所定の場所にコンタクトホールを開けた後にアルミ薄膜をスパッタ法によって堆積する。アルミ薄膜を選択エッチングによって除去し、温接点5と冷接点6を形成する(f)。その表面に第2のSiN膜11を被覆形成し、水分などからサーモパイルを保護すると同時に後述べるヒドラジンなどの異方性エッチング液からサーモパイルを保護する役目を兼ねる。さらに気相堆積法によって第2の酸化膜10を堆積し、温接点5付近を残して除去する(g)。後にエッチングによって除去され第2の熱分離領域8となるシリコン薄膜14を堆積しパターニング後に赤外線吸収膜12を支える第3のSiN膜13を堆積し同様にパターニングする(h)。ヒドラジンによってシリコン基板1の一部およびシリコン薄膜14を除去し、第1の熱分離領域7と第2の熱分離領域8を形成する(i)。最後に赤外線吸収膜12を形成する(j)。

【0012】次いで、本実施例の作用を説明する。赤外線吸収膜12によって吸収された入射赤外線は熱に変換され赤外線吸収膜12の温度が上昇する。この熱は、伝導によって温接点5に伝えられ温接点5の温度を上昇させる。温接点5近傍のシリコン基板1部分には、エッチングによって除去され熱分離領域7が形成されているためにシリコン基板1を介しての熱伝導は殆んど無い。また、赤外線吸収膜12および第3のSiN膜13とは熱分離領域8によって分離されているため温接点5と冷接点6との間の熱伝導は主にサーモパイルを通じて行われるので両接点間の熱抵抗は大きく温接点5の熱は冷接点6には伝わりにくくなっている。その結果、両接点5、6間に温度差が生じ、ゼーベック効果によってサーモパイルに起電力が生じる。図1、図2の構成では、この素子全体の熱起電力Sは、p型シリコン3における両接点5、6間の熱起電力とn型シリコン4における両接点

5

5, 6間の熱起電力との和になり、次の(1)式で表わされる。

【0013】

$$S = n \cdot \alpha \cdot R_{th} \cdot P \quad \dots (1)$$

nは熱電対の対数、 α はp型シリコン3とn型シリコン4の両方を足し合わせたゼーベック係数、 R_{th} は熱抵抗、Pは入射エネルギーである。上記(1)式から熱起*

$$D^* = \sqrt{[A_d / (4kT)]} \cdot n \cdot (\alpha \cdot R_{th} / \sqrt{R_d}) \cdot (P / P_d) \quad \dots (2)$$

A_d は赤外線吸収膜の面積、nは熱電対の対数、 R_d は電気抵抗、 P_d は実効的な入射エネルギーである。この(2)式は、吸収膜の面積、対数、熱抵抗およびエネルギーの伝達効率を大きく、電気抵抗を小さくする必要があることを示している。

【0015】ここで、赤外線吸収膜12の面積と比較知能(感度)との関係を述べる。図1、図2に示すように、本実施例では、サーモパイルにおける各冷接点6が内側で各温接点5が外側に配置され、この各温接点5に熱的に結合する赤外線吸収膜12がサーモパイルの全体を覆うように大きく設定されている。図4は、素子全体の面積に対する赤外線吸収膜12の面積の割合を具体的に数値例で説明するための図で、同図(a)は本実施例のタイプ、同図(b)は比較例として示したもので、サーモパイルにおける温接点5aが内側で冷接点6aが外側に配置され、赤外線吸収膜12aはその内側の温接点5aの部分のみを覆うように素子の中央部分のみに設定されている。同図(a)の本実施例の場合、素子面積を※

$$Z(n) = R + \frac{(R_a + r) \cdot Z(n-1)}{R_a + r + Z(n-1)}$$

で表わされる。 V_n は温接点での温度で赤外線吸収膜の大きさによって変化する。即ち、この V_n の値は、赤外線吸収膜の面積割合が2倍のとき V_2 / V_1 、4倍のとき V_4 / V_1 、5倍のときは V_5 / V_1 等のように表わされる値である。図6は、 $R_z = 1 \sim 10$ 、 $R = 1.5 \times 10^{-2}$ 、 $R_a + r = 100$ とおいたときの、赤外線吸収膜12の面積割合をパラメータとしたサーモパイル熱抵抗 R_z と面積が1倍のときの温接点の温度 V_1 との相対値との関係を示す特性図である。この特性図から熱抵抗 R_z がかなり増加しても、前記のように面積割合を4.8倍程度に大きく設定すれば、被検知能(感度)は3倍以上程度に増加する。

【0017】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1記載の発明によれば、それぞれp型半導体およびn型半導体からなる複数の熱電対で構成され基板の主面上の当該主面と平行に配設されたサーモパイルと、該サーモパイル上に配設され当該サーモパイルにおける温接点と熱的に結合され冷接点とは熱的に分離された入射赤外線吸収用の赤外線吸収膜とを具備させたため、サーモパイルの熱抵★50

6

電力Sを大きくするにはゼーベック係数の大きい材料を用い、熱抵抗を大きくする必要がある。また、熱型赤外線検知素子の性能指数 D^ は次の(2)式のように書ける。

【0014】

【数1】

10※ $140 \times 140 (\mu m^2)$ 、赤外線吸収膜12の面積を $130 \times 130 (\mu m^2)$ とすると、素子全体の面積に対する赤外線吸収膜12の面積の割合は、86%である。これに対し同図(b)の比較例の場合は、素子面積を上記と同じにし、赤外線吸収膜12aの面積を $60 \times 60 (\mu m^2)$ とすると、素子全体の面積に対する赤外線吸収膜12aの面積の割合は、18%である。従って、本実施例は比較例に対し、赤外線吸収膜12が、 $(86/18) = 4.8$ 倍に大きく設定されている。

【0016】一方、図5は、本実施例の赤外線検知素子の熱等価回路を示している。図5(a)において R_z はサーモパイルの熱抵抗、 R は赤外線吸収膜の熱抵抗、 E は各部の温度、 r は赤外線吸収膜の厚み方向の熱抵抗、 R_a は雰囲気ガス(例えば空気)の熱抵抗、また図5(b)は、図5(a)の等価回路をテブナンの定理を用いて置き換えた等価回路であり、 $Z(n)$ は赤外線吸収膜の熱抵抗であり、

【数2】

$$Z(n) = R + \frac{(R_a + r) \cdot Z(n-1)}{R_a + r + Z(n-1)}$$

★抗を大きくすることができ、また赤外線吸収膜は入射赤外線を効率よく吸収して入射エネルギーを大きくすることができて検知特性を向上させることができる。また全てのパターンを基板主面、即ち基板片面に形成したので、パターン合わせ精度は通常の半導体素子と何ら変わるどころがなく微細化、高集積化を実現することができ、ハンドリングも容易となる。さらに基板は1枚で形成することができるので製造工程が簡略化されてコストを低減することができる。

40 【0018】請求項2記載の発明によれば、前記サーモパイルは、前記温接点を前記基板の主面に形成された熱分離領域上に配置し、前記冷接点は前記基板と熱的に結合するように配設したため、入射エネルギーによりサーモパイルに効果的に温度差を生じさせることができて一層検知特性を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る赤外線検知素子の実施例を赤外線吸収膜を取り除いて示す平面図である。

【図2】図1のA-A線断面図である。

【図3】上記実施例の製造工程を示す工程図である。

7

【図4】上記実施例において素子全体の面積に対する赤外線吸収膜の面積の割合を比較例と比較して説明するための図である。

【図5】上記実施例の等価回路を示す図である。

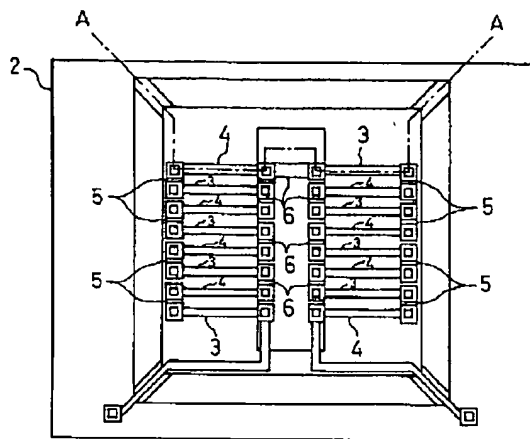
【図6】上記実施例において赤外線吸収膜の面積割合をパラメータとした熱抵抗と被検知能との関係を示す図である。

【図7】従来の赤外線検知素子を示す斜視図である。

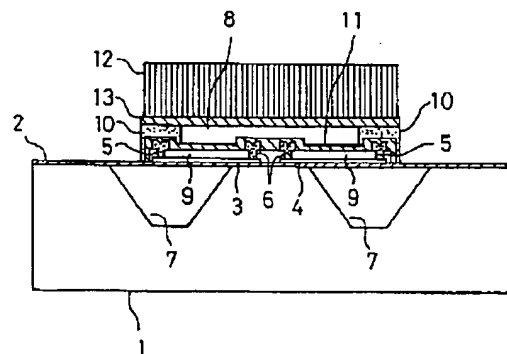
【符号の説明】

- 1 シリコン基板
- 3 p型シリコン
- 4 n型シリコン
- 5 温接点
- 6 冷接点
- 7 第1の熱分離領域
- 8 第2の熱分離領域
- 12 赤外線吸収膜

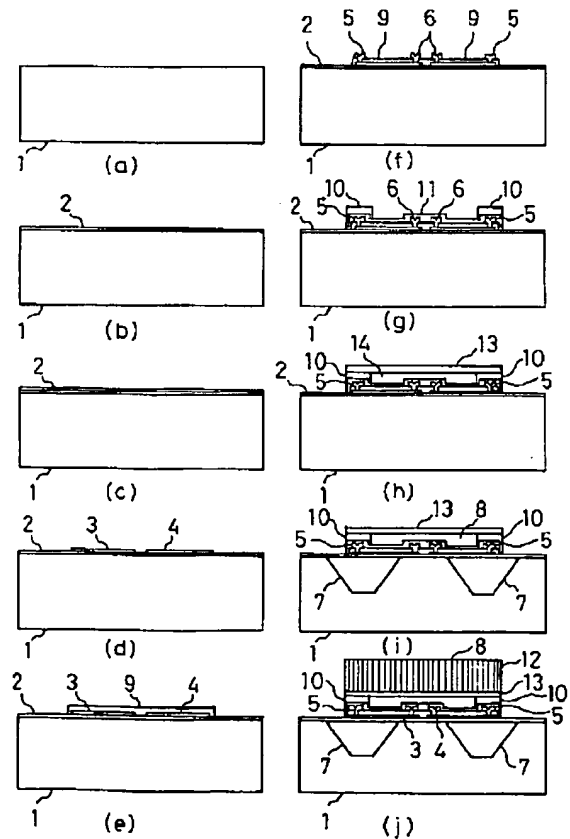
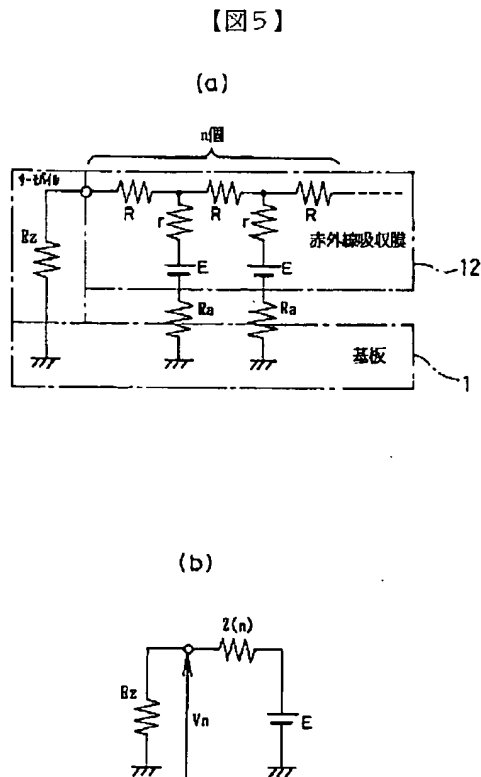
【図1】



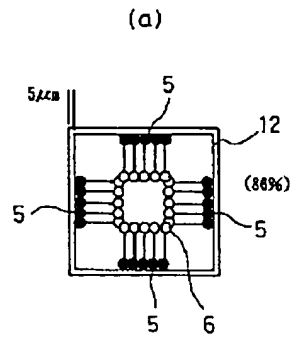
【図2】



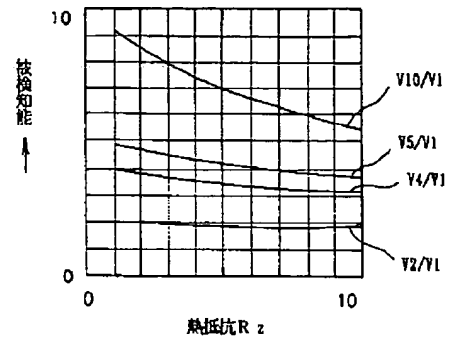
【図3】



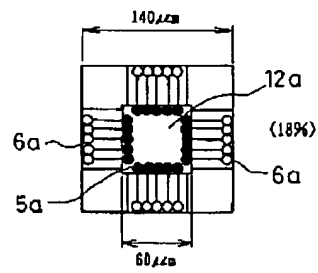
【図4】



【図6】



(b)



【図7】

